



TR-5

ANALISIS NILAI RASIO KERUSAKAN DAN *REVIEW* DESAIN PERKERASAN JALAN *SHORTCUT* SINGARAJA – MENGWITANI DENGAN PROGRAM KENPAVE (STUDI KASUS : *SHORTCUT* RUAS 8)

I Made Agus Ariawan^{1*}, Putu Kwintaryana², Ni Kadek Dinda Paramita³
dan Putu Cinthya Pratiwi Kardita⁴

^{1*}Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali
e-mail: agusariawan17@unud.ac.id

² Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali
e-mail: agusariawan17@yahoo.com

³ Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali
e-mail: imadeagusariawan@gmail.com

⁴ Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali
e-mail: cinthya.pratiwi@unud.ac.id

ABSTRAK

Jalan Shortcut jalur Mengwitani-Singaraja merupakan akses menuju Kabupaten Buleleng di mana perencanaan dan pembangunannya terbagi atas 10 titik ruas. Untuk jalan shortcut ruas 8 terdapat 4 alternatif desain struktur perkerasan jalan yang dianalisis dengan metode Bina Marga 2017 dengan umur rencana 20 tahun. Tujuan penelitian ini menganalisis nilai rasio kerusakan pada ke 4 alternatif desain jalan shortcut ruas 8 dan merencanakan alternatif desain struktur perkerasan dengan program Kenpave. Data perencanaan meliputi daya dukung tanah dasar, geometrik jalan, lalu lintas dan daya dukung material perkerasan yang diperoleh dari hasil penyelidikan tanah, meliputi uji sondir, DCP dan SPT serta survei lalu lintas yang merupakan data hasil perencanaan awal. Data lainnya meliputi modulus elastisitas, poisson ratio, tebal perkerasan dan lalu lintas digunakan untuk menganalisis alternatif struktur dengan program Kenpave. Analisis nilai rasio kerusakan pada 4 alternatif desain struktur perkerasan jalan shortcut ruas 8 dinyatakan tidak memenuhi syarat sesuai dengan pembebanan lalu lintas sampai umur rencana 20 tahun. Struktur alternatif desain perkerasan dengan program Kenpave direncanakan menggunakan AC-Base dan CTB, dan dihasilkan struktur perkerasan AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 20 cm, Agregat kelas A 30 cm prediksi dengan umur layanan 21,4 tahun, dan alternatif AC-WC 4 cm, AC-BC 20.5 cm, CTB 15 cm, Agregat kelas A 15 cm dengan prediksi umur layanan 20,8 tahun.

Kata kunci: Rasio Kerusakan, Desain Geometrik, Shortcut Singaraja – Mengwitani, Kenpave

PENDAHULUAN

Jalur Mengwitani – Singaraja merupakan akses utama menuju Kabupaten Buleleng. Kondisi alinemen jalan yang curam dan berliku, membuat Pemerintah Provinsi Bali mengambil langkah dengan membangun jalan *shortcut*, dikarenakan tidak memungkinkan untuk melakukan pelebaran jalan dilihat dari kondisi jalan yang diapit oleh lereng dan bukit yang curam. Perencanaan dan pembangunan dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga melalui Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan Jalan Nasional Provinsi Bali dan terbagi menjadi 10 titik lokasi yaitu ruas 1–4 yang berada di wilayah Kabupaten Tabanan dan ruas 5–10 yang berlokasi di wilayah Kabupaten Buleleng.

Panjang pembangunan di jalan *shortcut* ruas 8 ini adalah 1,564 KM dengan STA. awal -0+184 dan Sta. akhir 1+380 dengan selisih jarak jalan *eksisting* 376 m. Di jalan *shortcut* ruas 8, terdapat 4 tikungan dengan jari – jari lebar dengan radius di bawah 35 m serta kelandaian maksimum jalan tidak melebihi 10%, sehingga meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengendara yang melintas di jalur tersebut dan mengurangi potensi kecelakaan. Pada pembangunan jalan *shortcut* ruas 8, perencanaan tebal perkerasan lentur menggunakan metode Bina Marga 2017 dengan 4 alternatif desain dengan 2 alternatif desain menggunakan AC-Base dan 2 alternatif lainnya menggunakan CTB.

Perencanaan struktur perkerasan jalan umumnya menggunakan dua metode yaitu metode empiris yang dikembangkan berdasarkan pengalaman dan penelitian dan metode mekanistik berdasarkan teori matematis dari sifat tegangan dan regangan pada lapisan struktur perkerasan akibat repetisi beban lalu lintas (Sukirman, 1999). Metode mekanistik mengasumsikan perkerasan jalan menjadi suatu struktur “multi-layer (elastic) structure”. Tegangan (stress), regangan (strain), dan lendutan (deflection) adalah respons struktur dari material struktur perkerasan yang mengalami pembebanan. Perhitungan secara mekanistik kini dapat dilakukan dengan bantuan program, salah satunya dengan program Kenpave.

Pada program Kenpave dibutuhkan data karakteristik material struktur perkerasan jalan, seperti modulus elastisitas, poisson ratio, beban roda, tekanan ban dan koordinat di mana tegangan dan regangan yang dibutuhkan (Dinata et al., 2017). Output data berupa analisa kerusakan dari retak lelah (fatigue cracking) dan retak alur (rutting). Jenis kerusakan retak lelah (fatigue cracking) diakibatkan oleh regangan tarik horizontal yang bekerja pada lapisan beraspal sebagai akibat beban lalu-lintas berulang melebihi batas regangan yang dapat di terima (Suaryana, 2015), sedangkan jenis kerusakan rutting disebabkan oleh permanen deformasi pada setiap lapis perkerasan karena beban lalu lintas (Abed dan Adel, 2012).

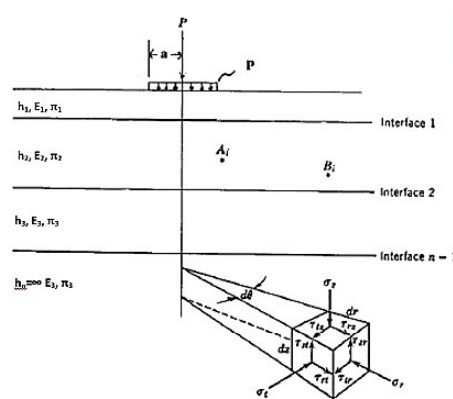
Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan review desain perkerasan pada perencanaan jalan shortcut ruas 8 dengan metode mekanistik menggunakan program Kenpave, dengan tujuan mengetahui nilai rasio kerusakan yang terjadi akibat retak lelah (fatigue cracking) dan retak alur (rutting), selain itu, dapat direncanakan struktur perkerasan alternatif dengan melakukan trial and error sampai memenuhi jumlah repetisi beban rencana.

STRUKTUR PERKERASAN LENTUR

AASHTO, 1993 perkerasan lentur (*flexible pavement*) secara umum merupakan susunan lapis perkerasan jalan yang terdiri dari lapisan tanah dasar (*sub base*), lapisan pondasi atas (*base*) dan lapisan permukaan (*surface*).

Multi Layer System

Multi layer system merupakan konsep metode teoritis dalam desain struktur perkerasan dengan respons dari perkerasan yaitu tegangan, regangan, dan lendutan sebagai sistem struktur multi-lapisan terhadap beban roda kendaraan yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Lapis Banyak (Yoder and Witzcak, 1975)

Dengan P = beban terpusat roda, a = jari-jari bidang kontak, h = kedalaman masing-masing lapisan, E = modulus elastisitas bahan tiap lapis, π = *poisson ratio*, A_i , B_i = titik-titik pada lapis yang ditinjau, σ = tegangan normal, dan τ = tegangan geser

Nilai yang dihasilkan dari permodelan lapis perkerasan dengan sistem lapis banyak berupa nilai tegangan, regangan dan lendutan.

Pemodelan Lapisan Perkerasan Lentur

Parameter-parameter yang digunakan dalam perencanaan adalah:

Modulus elastisitas

Tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan suatu regangan tertentu bergantung pada sifat bahan yang menerima tegangan. Perbandingan tegangan terhadap regangan merupakan modulus elastisitas dan karakteristiknya dapat dilihat di Tabel 1.

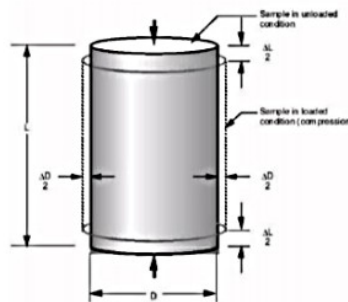
Tabel14. Karakteristik modulus bahan berpengikat

Jenis Bahan	Modulus Tipikal	Koefisien Relatif	Rasio Poisson's
HRS WC	800 MPa	0,28	0.40
HRS BC	900 MPa	0,28	
AC WC	1100 MPa	0,31	
AC BC (lapis atas)	1200 MPa	0,31	
AC Base atau AC BC (sebagai base)	1600 MPa	0,31	
Bahan bersemen (CTB)	500 MPa		0,2 (mulus) 0,35 (retak)
Tanah dasar	10x CBR (MPa)		0,45 (tanah kohesif) 0,35 (tanah non kohesif)

Sumber: Bina Marga (2002)

Rasio poisson

Konstanta elastisitas yang dimiliki material. Jika suatu material diberikan gaya satu arah, ditarik maupun ditekan, akan mengalami perubahan bentuk. Ilustrasi tegangan dan regangan tarik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Konsep *poisson ratio* (Segfried, 2012)

Ketebalan lapisan

Ketebalan setiap lapisan dalam teori sistem lapis banyak sebagai data masukan dalam program Kenpave.

Kondisi Beban

Data ini terdiri dari data beban roda P (kN), data tekanan ban q (kPa), data jarak antara roda ganda d (cm), dan data jari-jari bidang kontak a (cm). Menurut Bina Marga, 2017, kondisi sumbu standar ekivalen yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3 dengan kondisi beban roda 80 kN, tekanan roda satu ban 750 kPa, jari-jari bidang kontak 9,21 cm, dan jarak antara roda ganda 34,92 cm.



Gambar 4. Sumbu standar ekivalen (Bina Marga, 2017)

Analisis Kerusakan

Kerusakan suatu perkerasan, umumnya disebabkan oleh beban berlebih dan pengaruh cuaca (Rahmawati et al., 2018). Jenis kerusakan diantaranya retak alur (*rutting*), dan retak lelah (*fatigue cracking*). Repetisi beban akibat retak lelah dan retak alur dapat dihitung dengan persamaan dari metode Asphalt Institute.

Retak alur (*rutting*)

$$Nd = 1,365 \times 10^{-9} \times \epsilon_c^{-4,477} \quad (1)$$

Nd adalah nilai repetisi beban retak alur dan ϵ_c regangan tekan vertical di atas tanah dasar.

Retak lelah (*fatigue cracking*)

$$Nf = 0,0796 \times \epsilon_t^{-3,291} \times E_{AC}^{-0,854} \quad (2)$$

Nf adalah nilai repetisi beban retak lelah, ϵ_c regangan tarik pada bagian bawah lapis beraspal dan E_{AC} modulus elastisitas lapis permukaan.

Perbandingan antara jumlah repetisi yang dapat diterima dengan jumlah repetisi beban rencana disebut rasio kerusakan dan berdasarkan nilai ini dapat diketahui apakah struktur perkerasan mampu menerima sejumlah beban repetisi yang direncanakan.

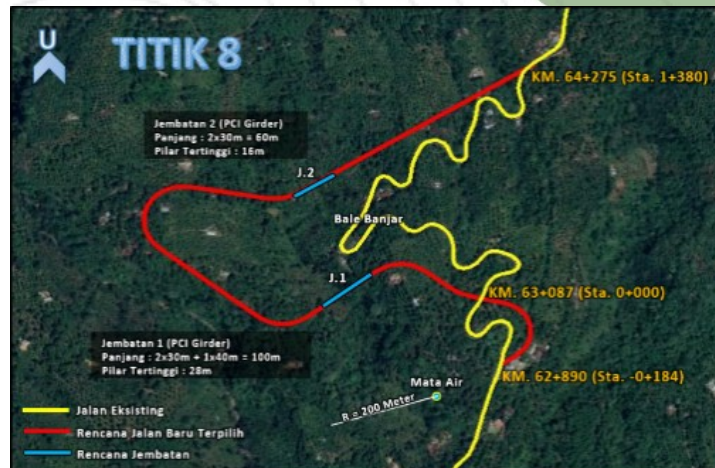
$$\text{Rasio kerusakan} = \frac{\text{Repetisi beban rencana (Nr)}}{\text{repetisi beban yang dapat diterima}} \quad (3)$$

Program Kenpave

Program Kenpave merupakan *software* desain struktur perkerasan lentur dan kaku dengan metode mekanistik. Perkerasan lentur dianalisis pada program Kenlayer, dengan konsep teori *multi layer*. Data masukan dalam program diantaranya modulus elastisitas, *poisson ratio*, tebal lapis perkerasan, kondisi beban, dan jumlah repetisi beban rencana. Keluaran dari program adalah respon perkerasan berupa tegangan, regangan dan lendutan. Terdapat sembilan respon struktur perkerasan dari program ini yaitu *vertical deflection*, *vertical stress*, *major principal stress*, *minor principal stress*, *intermediate principal stress*, *vertical strain*, *major principal strain*, *minor principal strain*, dan *horizontal principal strain*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini berlokasi pada *shortcut* ruas 8 yang terletak di Desa Gitgit, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng provinsi Bali sepanjang 1,564 km. Trase jalan *shortcut* ruas 8 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Desain trase jalan *shortcut* ruas 8

Data pendukung yang diperlukan adalah geometrik jalan, daya dukung tanah dasar, lalu lintas dan tebal lapisan perkerasan rencana. Data tersebut diperoleh melalui penyelidikan lapangan seperti uji daya dukung tanah dan survei lalu lintas yang dilakukan berdasarkan SNI-2827, 2008, Badan Standardisasi Nasional, 2008b dan PdT-19-2004-B (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2004).

Analisis dengan Program Kenpave

Analisis kerusakan dilakukan pada 4 alternatif desain rencana jalan *shortcut* ruas 8 serta perencanaan tebal perkerasan alternatif yang memenuhi jumlah repetisi beban dengan melakukan *trial and error* pada program Kenpave. Data masukan yang diperlukan berupa nilai modulus elastisitas, rasio poisson, tebal lapis perkerasan, detail beban sumbu roda dan nilai CESA (*Commulative Equivalent Single Axle Load*) dengan data keluaran berupa regangan tarik horizontal, regangan tekan vertikal, jumlah repetisi beban Nd dan Nf sehingga didapatkan nilai rasio kerusakan. Data masukan pada menu *layer* dan *moduli* berupa modulus elastisitas, *poisson ratio* dan tebal tiap lapis perkerasan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 15. Input data program Kenpave

Lapis Perkerasan	Modulus Elastisitas (KPa)	Poisson ratio	Tebal Perkerasan (cm)			
			ALT-1	ALT-2	ALT-3	ALT-4
AC-WC	1100000	0.4	4	4	4	4
AC-BC	1200000	0.4	6	13,5	13.5	6
AC-Base	1600000	0.4	8			
CTB	500000	0.35			15	20
Agregat Kelas A	350000	0.45	30	30	15	30
Tanah dasar	60000	0.45	-	-	-	-

Pada menu *load* diperlukan data berupa tekanan angin ban, jari-jari bidang kontak dan konfigurasi sumbu roda kendaraan (Tabel 3), dan pada menu *damage analysis*, analisis kerusakan ditetapkan di titik bawah lapis berpengikat dan regangan tekan di atas tanah dasar. Data masukan pada *bottom tension* dan *top compression* ditampilkan pada Tabel 4, Tabel 5 serta data *volume traffic* beban lalu lintas kumulatif selama umur rencana yaitu 5.152.548,2 ESAL.

Tabel 16. Input data load

Load Group No.	Load	CR (cm)	CP (cm)	YW (cm)	XW (cm)	NR or NPT
1	1	9.21	750	34.9	0	3
				2		

Tabel 17. Input data sub menu bottom tension

<i>Sequenc e</i>	NLBT	FT1	FT2	FT3
1	3	0.0796	3.291	0.854

Tabel 18. Input data sub menu top compression

<i>Sequence</i>	NLTC	FT4	FT5
1	5	1.365x10 ⁻⁹	4.477

Respon struktur perkerasan berupa regangan tarik horizontal di bawah lapis berpengikat dan regangan tekan vertikal di atas tanah dasar. Dari nilai regangan tersebut menghasilkan nilai repetisi beban akibat retak leleh (Nf) dan retak alur (Nd), sehingga dapat dianalisis rasio kerusakan pada perkerasan dengan perbandingan nilai repetisi beban Nf dan Nd dengan nilai repetisi beban rencana (Nr) yaitu 5.152.548,2 ESAL. Jika nilai rasio kerusakan melebihi satu maka struktur perkerasan dianggap tidak memenuhi syarat. Dari hasil analisis nilai regangan dan rasio kerusakan dihasilkan prediksi umur perkerasan. Umur perkerasan wajib memenuhi umur rencana jalan yaitu 20 tahun. Jika perkerasan tidak memenuhi syarat repetisi beban dan umur rencana, maka direncanakan struktur perkerasan alternatif dengan melakukan *trial and error* pada tebal lapisan struktur perkerasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai Kerusakan

Hasil analisis perkerasan *shortcut* ruas 8 memberikan regangan tarik horizontal $1,546 \times 10^{-4} - 2,271 \times 10^{-4}$ dan tekan vertikal $2,637 \times 10^{-4} - 3,690 \times 10^{-4}$ (Tabel 6). Dari nilai-nilai regangan tersebut dapat dianalisis jumlah repetisi beban maksimum $0,502 \times 10^6 - 1,782 \times 10^6$ berdasarkan retak leleh dan $3,196 \times 10^6 - 14,38 \times 10^6$ (Tabel.7) berdasarkan deformasi dengan prediksi umur perkerasan 2 – 7 tahun (Tabel 8).

Tabel 19. Nilai regangan perkerasan desain perkerasan *shortcut* ruas 8

Susunan perkerasan	Tinjauan	Nilai regangan (ϵ)
ALT-1	Regangan Tarik di bawah lapis berpengikat	1,829x10 ⁻⁴
	Regangan tekan di atas tanah dasar	3,544x10 ⁻⁴
ALT-2	Regangan Tarik di bawah lapis berpengikat	2,036x10 ⁻⁴
	Regangan tekan di atas tanah dasar	3,690x10 ⁻⁴
ALT-3	Regangan Tarik di bawah lapis berpengikat	1,546x10 ⁻⁴
	Regangan tekan di atas tanah dasar	3,402x10 ⁻⁴
ALT-4	Regangan Tarik di bawah lapis berpengikat	2,271x10 ⁻⁴
	Regangan tekan di atas tanah dasar	2,637x10 ⁻⁴

Tabel 20. Nilai rasio kerusakan perkerasan desain perkerasan *shortcut* ruas 8



Disain Struktur Perkerasan	Nf (ESAL)	Nd (ESAL)	Rasio Kerusakan		Standar rasiokerusakan	Keterangan
			Nr/Nf	Nr/Nd		
ALT-1	0,8013x10 ⁶	3,828x10 ⁶	6,430	1,346	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
ALT-2	0,702x10 ⁶	3,196x10 ⁶	7,155	1,612	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
ALT-3	1,782x10 ⁶	4,595x10 ⁶	2,892	1,121	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
ALT-4	0,5024x10 ⁶	14,38x10 ⁶	10,26	0,358	≤ 1	Nf tidak memenuhi dan Nd memenuhi

Analisis Struktur Perkerasan Berdasarkan Umur Desain

Umur struktur perkerasan dapat diperkirakan dari nilai rasio kerusakan maksimum yang terjadi pada bawah lapis pengikat atau di atas tanah dasar (Tabel 8). Ke 4 alternatif desain rencana *shortcut* ruas 8 mengalami retak leleh dengan prediksi umur 2 – 7 tahun, lebih kecil dari umur desain rencana 20 tahun.

Tabel 21. Prediksi umur perkerasan metode Bina Marga 2017

Susunan perkerasan	ALT-1	ALT-2	ALT-3	ALT-4
Prediksi umur perkerasan (tahun)	3,2	2,8	7	2

Alternatif Struktur Perkerasan dengan Program Kenpave

Direncanakan masing-masing struktur perkerasan alternatif untuk lapisan perkerasan menggunakan AC-Base dan CTB, dengan nilai repetisi beban lalu lintas rencana 5.152.548,2 ESAL. Struktur perkerasan alternatif analisis program Kenpave dapat dilihat di Tabel 9.

Tabel 22. Perkerasan alternatif dengan material AC-Base

Material	AC-WC	AC-BC	AC-Base	CTB	Agregat kelas A
Tebal perkerasan dengan AC-Base (cm)	4	6	20		30
Tebal perkerasan dengan CTB (cm)	4	20,5	-	15	30

Desain struktur perkerasan memberikan regangan tarik horizontal $1,018 \times 10^{-4}$ - $1,107 \times 10^{-4}$ dan tekan vertikal $2,137 \times 10^{-4}$ - $2,609 \times 10^{-4}$ (Tabel 10). Berdasarkan nilai-nilai regangan tersebut dapat dianalisis jumlah repetisi beban maksimum $5,351 \times 10^6$ - $5,510 \times 10^6$ dan berdasarkan retak leleh $1,509 \times 10^6$ - $3,683 \times 10^6$ (Tabel 11), serta berdasarkan deformasi dengan prediksi umur perkerasan 20,8 – 21,4 tahun (Tabel 12).

Tabel 23. Nilai regangan tebal perkerasan alternatif

Susunan perkerasan	Regangan tarik horizontal	Regangan tekan vertikal
Perkerasan alternatif dengan AC-Base	$1,018 \times 10^{-4}$	$2,137 \times 10^{-4}$
Perkerasan alternatif dengan CTB	$1,107 \times 10^{-4}$	$2,609 \times 10^{-4}$

Tabel 24. Nilai rasio kerusakan alternatif

Susunan perkerasan	Nf (ESAL)	Nd (ESAL)	Rasio Kerusakan		Standar rasio kerusakan	Keterangan
			Nr/Nf	Nr/Nd		
Perkerasan alternatif dengan AC-Base	5,510x10 ⁶	3,683x10 ⁶	0,9351	0,140	≤ 1	Nf dan Nd memenuhi
Perkerasan alternatif dengan CTB	5,351x10 ⁶	1,509x10 ⁶	0,963	0,341	≤ 1	Nf dan Nd memenuhi

Tabel 25. Prediksi umur perkerasan alternatif

Susunan perkerasan	Perkerasan alternatif dengan AC-Base	Perkerasan alternatif dengan CTB
Prediksi umur perkerasan (tahun)	21,4	20,8

Perbandingan Tebal Lapisan Perkerasan

Tabel 13 memperlihatkan perbandingan 4 alternatif desain struktur perkerasan rencana (Bina Marga 2017) dengan desain struktur alternatif (program Kenpave) jalan *shortcut* ruas 8. Tebal lapis pengikat alternatif desain (program Kenpave) memberikan ketebalan yang lebih besar dibandingkan dengan desain struktur perkerasan rencana.

Tabel 26. Perbandingan tebal perkerasan Bina Marga 2017 dan tebal alternatif Kenpave

Material perkerasan	Tebal perkerasan (cm)					
	Metode Bina Marga 2017				Metode Kenpave	
	ALT-1	ALT-2	ALT-3	ALT-4	Alt.AC-Base	Alt. CTB
AC-WC	4	4	4	4	4	4
AC-BC	6	13,5	13,5	6	6	20,5
AC-Base	8	-	-	-	20	-
CTB	-	-	15	20	-	15
Agregat Kelas A	30	30	15	30	30	15

Perbandingan Analisis Kerusakan

Perbandingan nilai Nf, Nd dan rasio kerusakan serta analisis beban antara desain struktur perkerasan rencana (Bina Marga 2017) dan desain struktur alternatif (program Kenpave) dapat dilihat pada Tabel 14. Ke 4 alternatif desain struktur rencana mempunyai repetisi beban lebih besar dari beban maksimum rencana sehingga memberikan nilai rasio kerusakan >1, sebaliknya desain struktur alternatif dapat mengimbangi secara efisien repetisi beban yang terjadi sehingga memberikan nilai rasio kerusakan ≤ 1.

Tabel 27. Hasil perbandingan beban lalu lintas rencana dan repetisi beban retak leleh (Nr) dan retak alur (Nd)

Susunan perkerasan	Nr	Nf (ESAL)	Nd (ESAL)	Rasio Kerusakan		Standar rasio kerusakan	Keterangan
				Nr/Nf	Nr/Nd		
ALT-1	$5,152 \times 10^6$	$0,8013 \times 10^6$	$3,828 \times 10^6$	6,430	1,346	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
ALT-2	$5,152 \times 10^6$	$0,7202 \times 10^6$	$3,196 \times 10^6$	7,155	1,612	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
ALT-3	$5,152 \times 10^6$	$1,782 \times 10^6$	$4,595 \times 10^6$	2,892	1,121	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
ALT-4	$5,152 \times 10^6$	$0,5024 \times 10^6$	$1,438 \times 10^7$	10,26	0,358	≤ 1	Nf dan Nd tidak memenuhi
Perkerasan alternatif dengan AC-Base	$5,152 \times 10^6$	$5,510 \times 10^6$	$3,683 \times 10^6$	0,9351	0,140	≤ 1	Nf dan Nd memenuhi
Perkerasan alternatif dengan CTB	$5,152 \times 10^6$	$5,351 \times 10^6$	$1,509 \times 10^6$	0,963	0,341	≤ 1	Nf dan Nd memenuhi

Perbandingan Prediksi Umur Perkerasan

Tabel 15 memperlihatkan perbandingan prediksi umur desain struktur perkerasan, di mana ke 4 alternatif desain struktur rencana mempunyai repetisi beban lebih besar dari beban maksimum rencana, sehingga memberikan umur desain < 20 tahun, sedangkan struktur desain alternatif memberikan perkiraan umur rencana 20,8 – 21,4 tahun.

Tabel 28. Hasil perbandingan prediksi umur perkerasan

Susunan perkerasan	Metode Bina Marga 2017				Metode program Kenpave	
	ALT-1	ALT-2	ALT-3	ALT-4	Alt. AC-Base	Alt. CTB
Prediksi umur perkerasan (tahun)	3,2	2,8	7	2	21,4	20,8

SIMPULAN

- Berdasarkan evaluasi dan analisis yang dilakukan, maka didapat beberapa simpulan antara lain:
- Ke 4 alternatif desain struktur rencana jalan *shortcut* ruas 8 memberikan regangan tarik horizontal $1,546 \times 10^{-4} - 2,271 \times 10^{-4}$, tekan vertikal $2,637 \times 10^{-4} - 3,690 \times 10^{-4}$ dengan nilai rasio kerusakan terbesar akibat retak lelah adalah 10,26, akibat retak alur sebesar 1,612 dengan prediksi umur 2 - 7 tahun.
- Alternatif desain struktur perkerasan dengan program Kenpave yaitu AC-WC 4 cm, AC-BC 6 cm, AC-Base 20 cm, Agregat kelas A 30 cm dengan prediksi umur perkerasan 21,4 tahun atau AC-WC 4 cm, AC-BC 20.5 cm, CTB 15 cm, Agregat kelas A 15 cm, prediksi umur perkerasan 20,8 tahun.

- Alternatif desain struktur perkerasan dengan program Kenpave menghasilkan desain struktur yang lebih tebal sehingga menghasilkan nilai regangan tarik dan tekan yang lebih kecil dan menghasilkan prediksi umur yang lebih panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. (1993). "Guide for Design of Pavement Structures 1993". Proceedings of the International Conference on Sustainable Waste Management and Recycling: Construction Demolition Waste, .
- Abed, A.H., Al-Azzawi, A.A. (2012). " Evaluation of Rutting Depth in Flexible Pavement by Using Finite Element Analysis And Local Empirical Model". American Journal of Engineering and Applied Sciences, 5(2): 163–169.
- Dinata, D.I., Rahmawati, A., Setiawan, M.D. (2017). "Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Dengan Metode Analisa Komponen Dari Bina Marga 1987 Dan Metode Aashto 1993 Menggunakan Program Kenpave (Studi Kasus: Jalan Karangmojo-Semin Sta 0+000 Sampai Sta 4+050)". In Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2004). "Survei Pencacahan Lalu Lintas dengan Cara Manual (Pd T-19-2004-B)". Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2017). "Manual Perkerasan Jalan". Jurnal Infrastruktur PUPR.
- Rahmawati, A., Setiawan, D., Pangestu, M.A.Y., Aulia, R.A. (2018). "Analisis Kerusakan Jalan Menggunakan Program Kenpave Terhadap Tebal Perkerasan Yang Didesign Menggunakan Metode Analisa Komponen, Austroad Dan Asphalt Institute". Jurnal Media Teknik Sipil, .
- Segfried. (2012). "Perkiraan Tebal Lapisan Perkerasan Jalan Dengan Metoda Jaringan Syaraf Tiruan Tipe Radial Basis". Pusat Litbang Jalan Dan Jembatan.
- Suaryana, N. (2015). "Evaluasi Stabilitas Dinamis Dan Flow Number Sebagai Parameter Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Deformasi Permanen". Jurnal Jalan-Jembatan.
- Sukirman, S. (1999). "Perkerasan Lentur Jalan Raya". Bandung: Nova.